

ミニ・ジョン掘削実績について

前田建設工業株式会社 横浜支店
和田 建男

1. はじめに

本工事は、神奈川県の水源地である相模川とその支流の水質汚濁防止及び生活環境保全の目的で行われている。「相模川流域下水道事業」の内の左岸幹線管工築造工事である。当社で施工した工区は、海老名市中新田の延長1,149mで、相模川に近接する県道内で、地下水の豊富な砂礫層が掘削の対象である。路線は道路中心線に沿つため曲線設置が多く、全体の約30%が曲線である。

地質概要図に示す通り、管き位置は完全に地下水位以下であり、且砂層、シルト層と地層も変化する。掘進機の選定に当り各種検討したが、複雑に変化する地層に対処出来るものとして当社の新幹線全断面工法の実績を持つ「ビッグジョン」を縮小した「ミニジョン」の国産ノボ機を開発実用化する事とした。

補助工法としては、バキュームデンプワイルによる排水と、兼液注入による地山の安定を計る事とした。

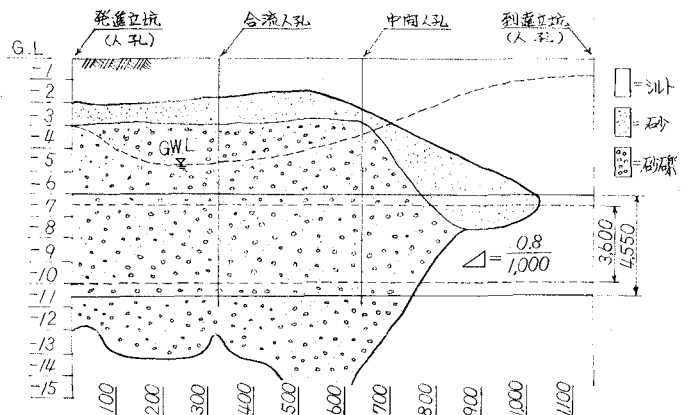


図-1 地質概要図

2. 地質特性

当工区に於ける地質は大別して①砂②砂礫③砂④シルト質粘土であるが、相模川の氾濫により成る地域である事から、これらが不整合に推積しており、礫径も 100% に及び、流水も炭化の進んだものが出現した。

地下水に関しては、現場に於て揚水試験を実施し、100mを1ブロックとし、湧水量を算定して井戸間隔を12mとし、2ブロックが順次移動する計画とした。

1ブロック当りの湧水量は、約5 m^3/min 、井戸径300 mm 、深さは動水勾配、ストレーナー、ポンプ、砂溜を考へ21mとした。井戸/本当りの計毎揚水量0.51 m^3/min に対し、ポンプ口径100 mm 、1.0 m^3/min のデーブルポンプを使用(真空ポンプはデーブル2台で1台)

地層	N 値	内部摩擦角	粘着力	透水係数	礫	砂	シルト	粘土	分類
100m	38	43~48	—	5×10^{-2}	%92	%7.5	%0.5	%0	砂礫
200	50	—	—	—	80	19	1	0	砂礫
300	40	—	—	—	82	17	1	0	—
400	≥ 50	—	—	—	81	16	3	0	—
500	≥ 50	—	—	—	79	20	1	0	—
600	≥ 50	—	—	—	79	20	1	0	—
700	≥ 50	—	—	—	79	20	1	0	—
800	20	38~43	—	—	1	88	11	0	砂
900	≤ 7	—	2.6%	10^{-5}	0	4.5	61.5	34	シルト質粘土
1,000	≤ 7	—	3.9%	—	0	12	55.5	32.5	—

図-2 試験資料

粒度分布は図-3に示す通りであるが、資料はレイモンドサンプラーによったためφ35%以上の礫は取れないが、前述の通りφ100%程度のものが混入している。表土は肥沃なシルト質の土砂に覆われており、路面はアスファルトコンクリート舗装(厚50%)されている。

近くに井戸は無いが、圧気工法とするのにはあまりにもシルト層の被りが少ないと判断される。

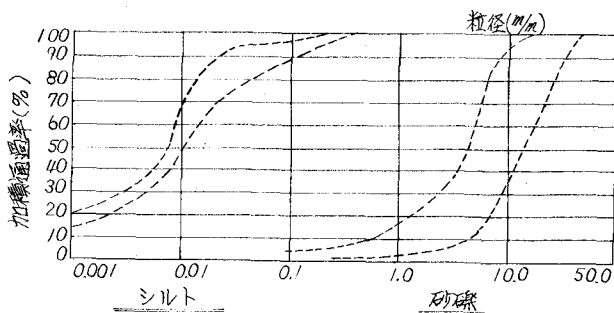


図-3 粒度分布

3. ミニジョンについて

ミニジョン掘削機は、米国M.E.M.C.O社が特許をもち、山陽新幹線・高塚山トンネル、北九州トンネル、井堀工事に於て使用実績を持つ「ビッグジョン」を縮小したもので、中径断面用の掘削機で、大断面への組み込み等汎用性を持たせたもので、径3.5m以下の場合はマイクロジョンと呼び区別している。

当現場で実用化したこのノ号機は、図-6に示す通り、シールド機に組み込まれた「バケット機構」「ブーム機構」「メインフレーム」より構成されており、掘削は2本のバケットジャッキ及び1本のブームジャッキの伸縮により行う。バケット及びブーム部分は施回ベアリングに取付けられており、シールド半径方向に全周旋回する事が出来る(ロータリージョイント)と共に、メインフレームに内蔵された前後進ジャッキ2本により、シールド本体に取付けられたランウエーを前後に移動出来る構造となっている。ミニジョンの操作は本体上の運転席で、切羽状況を視認しながら、ワンマンコントロールで行う。当現場での使用油圧力は310kg/cm²で、最大リッパ先端力は47.2t。

4. 掘削実績

機械の製作は日立製作所の笠戸工場で、発注より工場検査まで約5ヶ月を要し、海上輸送、現場組立て検査完了迄に1ヶ月の計6ヶ月を要した。

掘進開始は昭和48年9月1日、貫通は昭和49年6月2日。(暦日延284日)

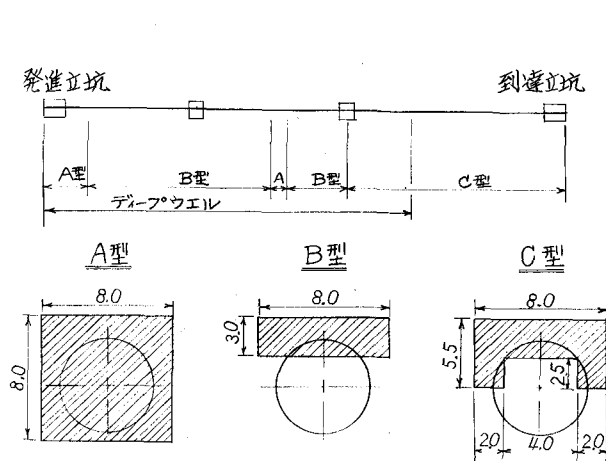


図-4 薬液注入施工断面図

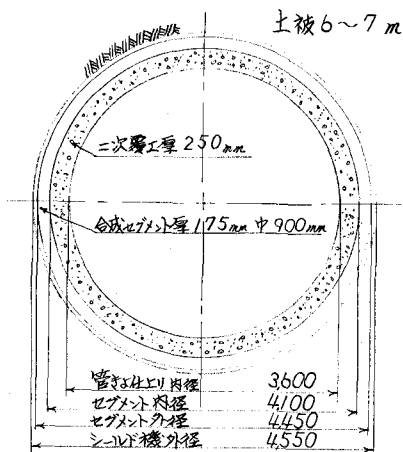


図-5 標準断面図

※礫層の掘進——シールドの初期掘進部約100m区間についてはディープウエルを2ヶ月前から運転していたが、立坑土留杭を取りこめた時突で湧水量が毎分700ℓ～800ℓ有り切羽のほぼ中央部に水位が有って、丁度その部分に挟んでいる砂層(厚1m)を流し出す事となり、立坑土留背面に沿って崩落が生じた為、鏡を張る等、最初から水に悩まされる事となったが、地質概要図でも分かる様にシールド下部のシルト層のためどうしても残留水頭は覚悟していたものの薬液注入の効果が認められず、改めて薬液注入を検討する事とした。薬液の注入は立坑土留内で掘削に先きだ方試験注入を行い、尿素系と水ガラス系で注入率25%以上のものが最も効果的に判断されたが、設計が水ガラス系15%であった事から、先行注入は全て20%で実施していた。切羽の状況より判断して、豊富な地下水による薬液の稀释損失と二液の不完全混合損失が多いため効果が無かったものと思われたので、再注入を施す事とした。ディープウエルが稼働しているため、ストレーナーへの流入による排水効果が懸念されたが、結果的にはディープウエル排水により水位を低下させた後薬液を注入した方が効果的であった。再注入は、ホモゲル強度の最も高い尿素系薬液を注入率30%で実施した。此の為夜間は薬液注入、昼間は掘進と、片番だけで掘進した。地下水は約200ℓに減じたが、これは立坑土留壁が地中で堰の役割をしていると考えられたので立坑土留内に数カ所の水抜き穴を設けた効果であった。シールド機械についても油切れや破損が多く、日進も3～4リングしか出来ず、100m進むのに75日を要した。

※砂礫層の掘進——礫層での試験の積み重ねと丁度地山の状態が良くなった事に重ねて、シールド下部のシルト層の位置が低下した事により、湧水量も60～70ℓに減少し、稼働1時間当たり1リングの掘進となる。

片番(19時～6時)最大14リング(12.6m)を記録。

日進(7時～6時、2交代制)最大23リング(20.7m)を記録。

任意月間(暦日30日、実働23日)最大34リング(306.9m)を記録。

※砂層の掘進——中間入孔を通過し、750m地山より約150m間は地下水を多量に含んだ砂又は砂質シルト層で、ディープウエルは揚水せず切羽面が自立不能のため崩壊する。薬液注入も部分的に効果があるだけであるが、セグメントの組み立て時間さえ短縮すれば短時間なら切羽が自立する事から、裏込注入も薬液を使用して、シールドテール部からの砂を含んだ水の流入を防止した。機械のトラブル等で半日も切羽を放置するとシールド機内に充填するので先ず鏡を張る事となる。路面沈下は中央部最大50%。

※シルト質粘土の掘進——900m地山より到達はN値2～3の軟弱なシルトで、機械類に付着する為、能率低下するも、平均して8リングの進行が確保される。土砂の取入率が100%以上になると路面沈下を生ずるので慎重に推進するか、テールボイドが短時間で圧密により埋められ、薬液による裏込注入を施すも、最大100%にも及ぶ。これは天端付近にレンズ状に挟む礫層の崩壊に起因する。

国産1号機と言うハンデの下に、帯水層で、複雑な軟弱地層を機械化掘削した此の実績を今般披露する事によって、今後益々増加が予想される河川流域に於ける同種地層でのシールド工率の資となれば幸いである。

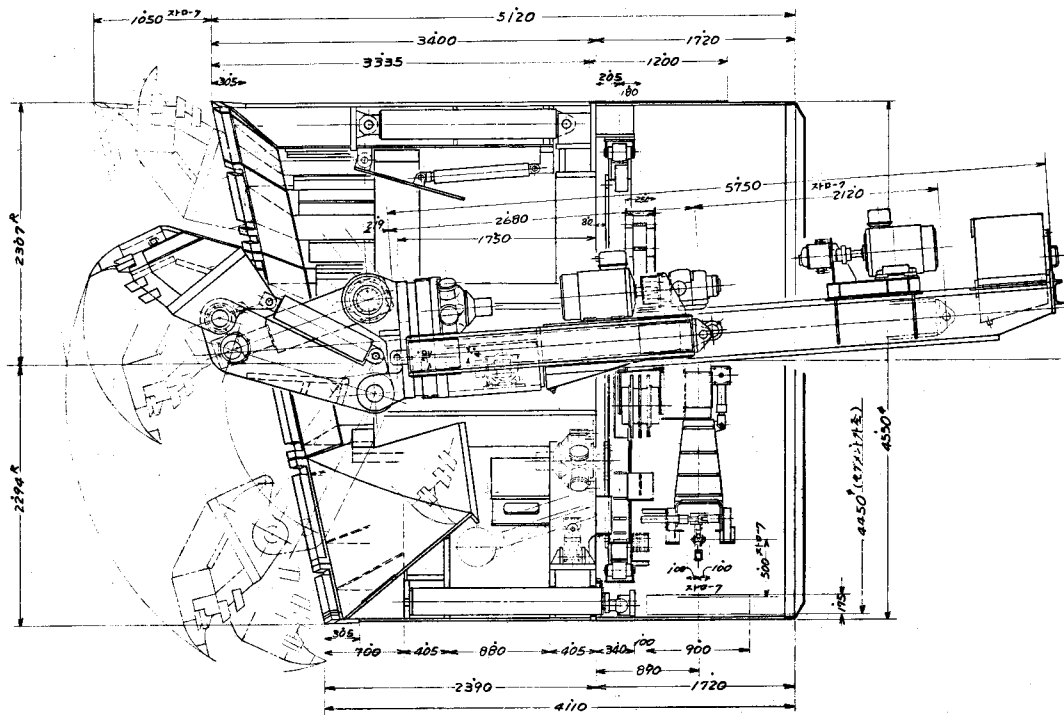
尚当工事に關しての記録映画は下記に問い合わせ利用願います。

1. 複雑地層の機械化シールド工法 — ミニジョン — 16%, カラー, 20分。

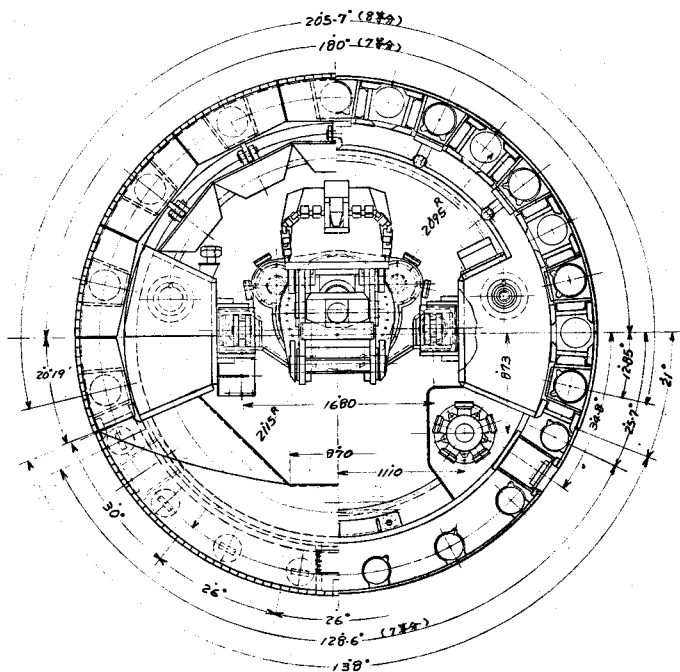
前田建設工業(株) 資料室 TEL 03-265-5551

2. 省力化工法のエース — 全断面掘削機ミニジョン — 16%, カラー, 15分。

日立建機(株) トンネル機械センター TEL 03-293-3611



ミニジョン式シールド掘進機仕様



シールド本体	
本体全高	約4600 mm
本体全長	5120 mm
シールドジャッキ	推 力 102.2 t 8本 ストローク 1050 mm
ボリングジャッキ	推 力 127.5 t 2本 ストローク 1050 mm
プレストジャッキ	推 力 55.5 t 2本 ストローク 1050 (525) mm
電動機	37 kW, 4P
最大使用油圧	350 kg/cm ²
常用油圧	250 kg/cm ²
ミニジョン 掘進機	
バケット容量	0.38 m ³
ブームジャッキ	推 力 102.2 t 1本 ストローク 800 mm
バケットジャッキ	推 力 33.5 t 2本 ストローク 600 mm
トラベルジャッキ	推 力 33.5 t 2本 ストローク 2120 mm
ブーム旋回	速 度 5.70 RPM 最大使用油圧 210 kg/cm ²
電動機	37 kW, 4P 2台
最大使用油圧	210 kg/cm ²
電 源	400 V, 50 Hz
エレフター	
回転速度	1.0 RPM
押付ジャッキ	推 力 5 t 2本 ストローク 500 mm
スライด์ジャッキ	推 力 3.4 t 1本 ストローク 200 mm
電動機	11 kW, 4P
最大使用油圧	175 kg/cm ²

図-6 ミニジョン式シールド掘進機

Actual Results of Mini-John Shield Tunnelling Machine

Maeda Construction Co., Ltd.,
Yokohama Branch Office,
Takeo Wada

The title of this Work is the Construction of Trunk Sewerage Conduit at the Left Bank of Sagami River which is a part of "Sagami River Valley Sewerage Scheme" carried out to prevent the water contamination of Sagami River and its branch, the water source of Kanagawa Prefecture, and to preserve the living environment.

Our Company carried out excavation of the tunnel conduit, the length of which is 1,149 meters at Naka-Shinden of Ebina City comprising 30 % curved section of the total length, by employing "Mini-John" which was developed for practical use as a first machine manufactured in Japan. The actual results of mechanical shield tunnelling method are described in this report.

The geology of this construction section consists of gravel, sandy gravel, sand and silty clay. This area was formed by the floods of Sagami River and various materials were accumulated irregularly. Underground water was extremely abundant.

Mini-John shield tunnelling machine, the patent of which is held by MEMCO Co. of U.S.A., is a reduction of "Big-John" having the good records in Takatsuka-Yama Tunnel of Sanyo New Trunk Line and Kita-Kyushu Tunnel, and is suitable for driving medium sized tunnels.

Actual Results of Tunnelling: The tunnelling was started on 11th September, 1973 and completed on 21st June, 1974, during which the progress obtained was 20.7 m/day in the sandy gravel layer and average 306.9 m/month (23 actual working days) was recorded.
